

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



525522

(43) Date de la publication internationale
27 juin 2002 (27.06.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/50913 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : H01L 27/14

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP01/15382

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : ENERGY SYSTEMS INTERNATIONAL BV [NL/NL]; Sleutelbloem 70, NL-4823 CA Breda (NL).

(22) Date de dépôt international :
20 décembre 2001 (20.12.2001)

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : DE RUITER, Adrianus [NL/NL]; Sleutelbloem 70, NL-4823 CA Breda (NL).

(25) Langue de dépôt : français

(74) Mandataire : BOUJU DERAMBURE BUGNION; 52 rue de Monceau, F-75008 Paris (FR).

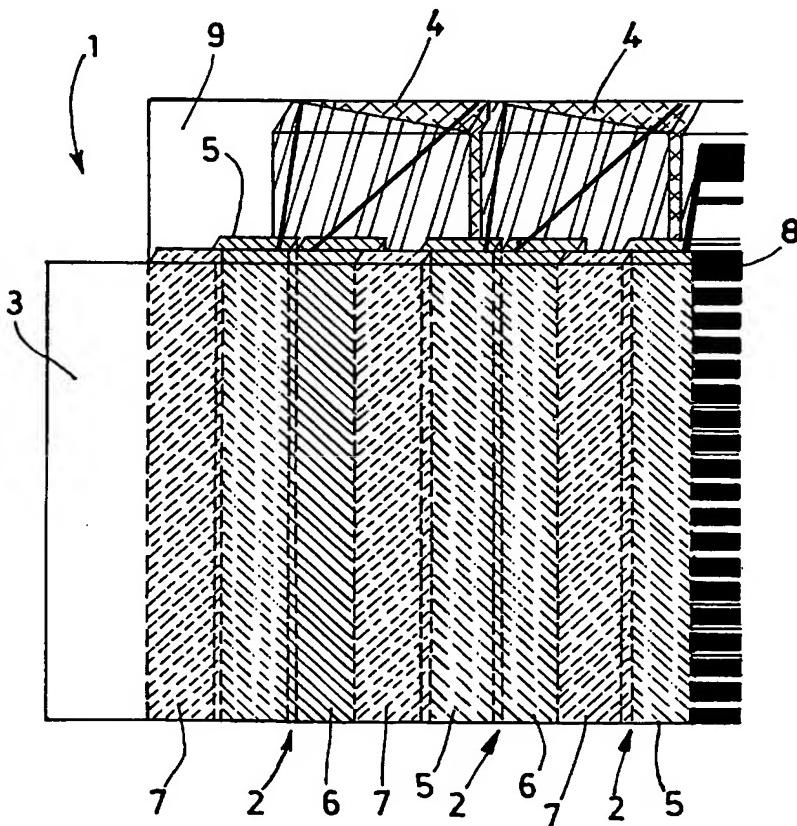
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/16693 20 décembre 2000 (20.12.2000) FR

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: PHOTOVOLTAIC DEVICE FORMING A GLAZING

(54) Titre : DISPOSITIF PHOTOVOLTAÏQUE FORMANT VITRAGE



(57) Abstract: The invention concerns a photovoltaic device (1) comprising a plurality of p-i-n type photovoltaic cells (2) arranged on a substrate (3), wherein said cells (2) are arranged, in the form of a single layer, parallel to one another and the electrical conductive layer (7) is arranged between the n layer (6) and the p layer (5) of each consecutive cell (2) so as to electrically connect said cells (2) in series. The invention also concerns the use of such a device (1) as glazing, a method for making such a device (1), a method for controlling a transparent photovoltaic device (1) as well as an installation for implementing said control method.

(57) Abrégé : L'invention a pour objet un dispositif photovoltaïque (1) comprenant une pluralité de cellules photovoltaïques (2) de type p-i-n disposée sur un substrat (3), dans lequel lesdites cellules (2) sont disposées, sous la forme d'une monocouche, parallèlement les unes aux autres et en ce qu'une couche de conducteur électrique (7) est disposée entre la couche n (6) et la couche p (5) de chaque cellule (2) consécutives de sorte à connecter électriquement lesdites cellules (2) en série. L'invention a également

[Suite sur la page suivante]

WO 02/50913 A2



(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Dispositif photovoltaïque formant vitrage

L'invention est relative à un dispositif photovoltaïque, à l'utilisation d'un tel dispositif en tant que vitrage, à un procédé de fabrication d'un tel dispositif, à une installation pour la mise en œuvre de ce procédé, à un procédé de contrôle d'un dispositif photovoltaïque transparent ainsi qu'à une installation pour la mise en œuvre de ce procédé de contrôle.

La présente invention concerne un dispositif photovoltaïque dans lequel plusieurs cellules photovoltaïques unitaires de type p-i-n sont disposées parallèlement sur un substrat, lesdites cellules étant connectées électriquement 10 en série.

Elle s'applique typiquement lorsque le substrat est une plaque de verre teinté destinée à être utilisée pour le vitrage extérieur d'édifices architecturaux.

15 Ces plaques de verre teintées sont utilisées d'une manière très importante dans la construction des bâtiments de bureaux, d'écoles, d'hôpitaux et d'autres édifices pour atténuer la lumière éblouissante, assurer l'absorption d'une partie de la chaleur rayonnée par le soleil et ainsi abaisser les coûts d'exploitation de la climatisation.

20 Dans de nombreux cas, des surfaces de glace de vitrage entourent la totalité d'un bâtiment et elles pourraient, du fait de leur exposition au rayonnement solaire, constituer une source importante d'énergie électrique si elles étaient munies d'un dispositif photovoltaïque.

25 Des calculs préliminaires indiquent que, même avec des rendements photovoltaïques relativement faibles, il serait possible de générer suffisamment de courant pour répondre à une partie, sinon à la totalité, des besoins en courant électrique du bâtiment.

30 On connaît déjà du document US-4 271 328 un dispositif photovoltaïque ayant une structure dite en tandem dans laquelle deux, trois ou plus de trois cellules

photovoltaïques unitaires comportant chacune une jonction semi-conductrice p-i-n sont empilées en série suivant la direction de propagation de la lumière.

Dans un tel dispositif, la lumière qui quitte une cellule photovoltaïque unitaire sans contribuer à l'action photovoltaïque peut être absorbée dans une cellule photovoltaïque suivante de sorte à améliorer le rendement photovoltaïque total du dispositif.

Mais l'empilement des cellules photovoltaïques suivant la direction de propagation de la lumière présente l'inconvénient qu'une augmentation du rendement photovoltaïque se fait au détriment de la transparence du dispositif photovoltaïque.

De tels dispositifs sont donc difficilement envisageables pour être disposés sur un substrat de verre destiné au vitrage d'un bâtiment en ce qu'il doit présenter une transparence suffisante dans le cadre de son utilisation.

En outre, les dispositifs photovoltaïques actuellement disponibles sont nettement limités en ce qui concerne la tension et le rendement.

En effet, la lumière incidente étant successivement absorbée par les différentes couches de la cellule photovoltaïque, la dernière cellule reçoit moins de photons que la première de sorte que son rendement n'est pas optimal.

L'invention vise donc à remédier à ces inconvénients en proposant notamment un dispositif photovoltaïque qui soit suffisamment transparent pour être utilisé en tant que verre de vitrage.

En outre la tension électrique de sortie ainsi que le rendement photovoltaïque du dispositif selon l'invention sont améliorés par rapport à ceux de l'art antérieur.

A cet effet, et selon un premier aspect, l'invention propose un dispositif photovoltaïque comprenant une pluralité de cellules photovoltaïques de type p-i-n disposée sur un substrat, dans lequel lesdites cellules sont disposées, sous la forme d'une monocouche, parallèlement les unes aux autres et en ce qu'une 5 couche de conducteur électrique est disposée entre la couche n et la couche p de chaque cellule consécutive de sorte à connecter électriquement lesdites cellules en série.

En variante, le dispositif est transparent aux rayonnements lumineux.

10

Selon un deuxième aspect, l'invention propose une utilisation d'un tel dispositif en tant que vitrage d'édifices architecturaux, dans laquelle le substrat est formé par le vitrage.

15

En variante, les cellules photovoltaïques recouvrent sensiblement toute la surface du vitrage de sorte à augmenter la quantité de courant généré par mètre carré de vitrage.

20

Selon un troisième aspect, l'invention propose un procédé de fabrication d'un dispositif tel que décrit ci-dessus, dans lequel les différentes couches sont déposées à l'aide d'une technique de dépôt chimique en phase vapeur.

Suivant un mode de réalisation du procédé, après la préparation du substrat, les différentes couches sont déposées en utilisant :

25

- un premier masque dont les ouvertures correspondent aux couches de conducteur électrique ;
- un deuxième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type n ;
- un troisième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type p ;
- un quatrième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type i ;

lesdits masques étant disposés sur la plaque de verre pour permettre le dépôt des couches respectives.

En variante, les premier, deuxième, troisième et quatrième masques sont
5 utilisés de façon successive.

Selon un quatrième aspect, l'invention propose une installation pour la mise en œuvre du procédé décrit ci-dessus, ladite installation comprenant un espace utile dans lequel est disposé le substrat, une chambre qui entoure l'espace utile, des moyens de chauffage, une isolation de l'espace utile et une enceinte 10 de refroidissement.

Selon un cinquième aspect, l'invention propose un procédé de contrôle optique d'un dispositif transparent tel que décrit ci-dessus, dans lequel on observe sur 15 des bandes étroites successives, le long d'un ou plusieurs segments d'une ligne déterminée couvrant la largeur d'examen voulue, l'image du dispositif projetée par transparence sur un écran très proche qui la rediffuse, en n'éclairant le dispositif que sur une zone elle-même étroite couvrant lesdits segments de la ligne de lecture.

20 Selon sixième aspect, l'invention propose une installation pour la mise en œuvre d'un tel procédé de contrôle, ladite installation comprenant en outre des organes de présentation du dispositif :

- un écran diffusant, translucide, placé en regard de la position du dispositif, 25 aussi près qu'il est raisonnablement possible de le faire pour, en particulier, éviter la trajectoire de celui-ci dans son mouvement de mise en place sur l'installation puis d'évacuation ;
- un récepteur à caméra linéaire visant l'écran par sa face arrière ;
- un émetteur de lumière fixe, disposé au-delà de l'emplacement du dispositif, 30 pour éclairer sur l'écran, de façon suffisamment homogène, une zone étroite couvrant le ou les segments d'examen choisis, ceci de préférence en formant un faisceau étalé mais peu épais, opérant par transparence.

D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui suit en référence aux dessins annexés.

La figure 1 représente partiellement, en perspective arrière et de façon schématique, un dispositif photovoltaïque comprenant plusieurs cellules photovoltaïques unitaires disposées parallèlement sur un substrat de verre.

La figure 2, représente partiellement, en coupe et de façon schématique le dispositif photovoltaïque de la figure 1.

10

En référence avec les figures, on décrit un dispositif photovoltaïque 1 comprenant plusieurs cellules photovoltaïques unitaires 2 disposées parallèlement sur un substrat 3 formé d'une première plaque de verre.

15 Chaque cellule photovoltaïque 2 comprend une jonction semi-conductrice de type p-i-n dans laquelle une couche optiquement active de type i 4 est entouré par respectivement une couche de semi-conducteur de type p 5 et une couche de semi-conducteur de type n 6.

20 Pour une meilleure compréhension, la couche i est représenté sur les figures de façon agrandie et éclatée mais doit être vue comme étant disposée entre les couches n et p 6, 5.

25 Lorsqu'un tel dispositif 1 est soumis à un rayonnement solaire incident, des photoporeurs d'électrons et de trous sont créés dans la couche optiquement active de type i 4.

30 Sous l'action du champ électrique existant entre la couche de type p 5 et la couche de type n 6, les électrons se déplacent vers la couche de type n 6 tandis que les trous se déplacent vers la couche de type p 5.

Dans une telle cellule photovoltaïque 2 il faut donc non seulement une couche optiquement active de type i 4 contribuant réellement à la création d'énergie

électrique dans laquelle sensiblement aucune impureté de dopage n'est présente, mais également des couches dopées par des impuretés de type n 6 et p 5 pour créer un champ électrique de jonction.

- 5 Lorsque le circuit est fermé par l'intermédiaire de conducteurs électriques 7 disposés en contact avec respectivement la couche de type n 6 et la couche de type p 5, il y a alors circulation de courant dans un circuit externe (non représenté).
- 10 Le dispositif photovoltaïque 1 permet donc de convertir l'énergie lumineuse émise par le soleil en électricité et le rendement de cette conversion correspond à la quantité de courant obtenu pour un flux lumineux donné.

Les couches p, i et n 5, 4, 6 d'une cellule photovoltaïque 2 sont disposées 15 parallèlement sur le substrat 3 sous la forme d'une monocouche de sorte que l'action photovoltaïque de chacune des cellules 2 soit générée par la lumière incidente.

Cette disposition permet d'augmenter le rendement photovoltaïque puisque la 20 couche optiquement active 4 de chaque cellule photovoltaïque 2 est soumise au rayonnement solaire incident sans qu'une partie de celui-ci ait été absorbé par une autre couche de la cellule 2 ou par une autre cellule 2 du dispositif 1.

Ainsi, le nombre de photoporteurs générés par la couche de type i 4 de chaque 25 cellule photovoltaïque 2 du dispositif 1 est optimal et donc le rendement photovoltaïque total du dispositif 1 augmente.

De plus, en ajustant la largeur de la bande interdite optique de la couche optiquement active 4, on peut décaler la longueur d'onde de crête de sa 30 photosensibilité, si bien qu'on peut encore améliorer le rendement photovoltaïque.

En outre, cette réalisation permet d'obtenir un dispositif photovoltaïque 1 qui soit suffisamment transparent pour être utilisé en tant que vitrage d'édifices architecturaux.

- 5 A cet effet, et après de nombreux essais, le demandeur a trouvé qu'une cellule photovoltaïque 2 comprenant du gallium en tant que couche de type i 4 et une homojonction p-n 5, 6 formé d'arséniure de gallium donnait de bons résultats en terme de rendement photovoltaïque total et de tension électrique de sortie.
- 10 Par exemple, le dopage p de l'arséniure de gallium peut être réalisé en lui incorporant de l'ordre de 10% atomique de carbone et le dopage n en lui incorporant de l'ordre de 10% atomique d'azote.

15 Ces différents types de dopage étant connus par ailleurs, nous ne les détaillerons pas plus dans le cadre de cette description.

En plus de leurs excellentes caractéristiques électroniques, les matériaux utilisés, lorsqu'ils sont déposés en couche mince, présente une transparence suffisante pour pouvoir utiliser le dispositif en tant que vitrage.

20 A cet effet, l'épaisseur des couches p, i et n 5, 4, 6 peut être de l'ordre de 25 Å.

En outre, et contrairement notamment aux dispositifs photovoltaïques utilisant du silicium amorphe, le rendement photovoltaïque du dispositif 1 ne s'abaisse 25 pas de manière importante lorsqu'il est soumis à un rayonnement lumineux intense pendant une longue durée. Cette caractéristique est obtenue grâce au faible vieillissement du gallium sous l'effet des photons.

30 Dans le mode de réalisation présenté sur les figures, les cellules photovoltaïques 2 sont connectées électriquement en série par des conducteurs 7 déposés en couches minces sur le substrat 3, entre chacune d'elles.

Dans un exemple de réalisation, les conducteurs électriques 7 sont formés d'une couche de cuivre de sensiblement même épaisseur que les couches p, i et n, ladite couche étant en contact respectivement avec la couche p 5 et la couche n 6 de deux cellules 2 consécutives.

5

En outre le dispositif photovoltaïque 1 comprend des moyens de branchement 8 avec un circuit externe de sorte à collecter le courant généré. Les moyens de branchement 8 sont disposés sur le substrat 3, par exemple par gravure, et en contact avec les conducteurs électriques 7 des cellules photovoltaïques 2 extrêmes du dispositif 1.

10

Dans le mode de réalisation représenté sur les figures de façon éclatée, une deuxième plaque de verre 9, par exemple identique à la première, est disposée sur le dispositif 1 et en contact avec les cellules photovoltaïque 2 de sorte à les protéger.

15

Lors du fonctionnement du dispositif 1, la lumière incidente (voir la flèche sur la figure 2) est transmise via la deuxième plaque de verre 9 à toutes les couches de type i 4 des différentes cellules unitaires 2 de sorte à créer des photoporteurs qui, sous l'action du champ électrique de jonction, génèrent du courant dans l'ensemble des cellules 2 connectées en série, le courant est alors récupéré dans le circuit externe par l'intermédiaire des moyens de branchement 8, puis la lumière est transmise à travers le dispositif 1 (voir la flèche sur la figure 2), c'est à dire vers l'intérieur du bâtiment dans le cadre de l'utilisation en tant que vitrage, via le substrat 3.

20

25

Dans le cadre de son utilisation en tant que vitrage, un autre avantage du dispositif 1 est que, outre la production d'énergie électrique, il permet d'absorber de l'énergie calorique par effet Peltier et, par la même, de diminuer encore les coûts d'exploitation de la climatisation des édifices sur lequel il est disposé.

On décrit ci-dessous le procédé d'obtention d'un dispositif photovoltaïque 1 suivant l'invention.

5 Suivant ce procédé, les cellules 2 peuvent être réalisées simultanément avec leur circuit électrique 7 de sorte que le dispositif 1 achevé est prêt à être installé.

10 Les cellules photovoltaïques 2 ainsi que les conducteurs électriques 7 sont réalisés sous la forme de minces pellicules qui sont appliquées, notamment par dépôt chimique en phase vapeur (CVD), directement sur la première plaque de verre 3.

15 Du fait de son état de surface excellent et de ses autres propriétés, le verre constitue le meilleur support pour l'application de minces pellicules. C'est un isolant, il résiste à la corrosion et aux intempéries et son faible coefficient de dilatation réduit le risque d'une fracturation des pellicules qui sont liées sur sa surface et, lorsqu'il est chauffé, le point de fusion du verre correspond étroitement aux points de fusion des autres matières actives qui constituent les cellules photovoltaïques 2.

20 Toutefois, et dans le but d'empêcher la migration des ions sodium du verre vers les cellules photovoltaïque 2 qu'ils pourraient contaminer, il est souhaitable de passiver la surface du verre, par exemple avec un oxyde d'aluminium, préalablement au dépôt des différentes couches formant les cellules 2.

25 Bien que l'invention vise particulièrement le domaine du vitrage, les cellules 2 peuvent être déposées sur un autre substrat 3 que le verre, par exemple un métal poli ou formé de fibres de verre, en tant que substrat spécifique utilisable pour d'autres applications.

30 En particulier, des résultats satisfaisants ont été obtenus en déposant les cellules photovoltaïques 2 sur du métal poli.

Le dépôt chimique en phase gazeuse de matériaux métalliques ou semi-conducteurs est déjà connu de sorte qu'on ne décrit pas son principe dans le cadre de cette description.

- 5 Une technique particulière et simple de mise en œuvre est un procédé de pulvérisation au plasma, par exemple par chauffage haute fréquence des matières constituant les cellules 3 et les conducteurs 7, en présence d'une atmosphère exempt d'hydrogène.
- 10 Lors de la mise en œuvre de ce procédé, on utilise des masques qui sont disposés sur le substrat 3 de sorte à déposer le composé gazeux à ou aux emplacements voulus puis dissociés de lui après ce dépôt.

15 Les masques peuvent être soit semi-permanents en métal, carbone ou matière plastique, soit jetables après usage et en papier imprégné ou matière plastique.

La suggestion d'utiliser un masque du type à jeter après usage réside dans le fait que, lorsque les couches sont déposées, il se produit une accumulation de matière le long de la périphérie des ouvertures du masque de sorte que, à la 20 suite des utilisations répétées, la forme des ouvertures se modifie. Ainsi, les masques permanents devraient être nettoyés après chaque utilisation.

Le masque à jeter présente l'avantage d'être propre pour chaque application.

25 Quel que soit le type de masque utilisé, celui-ci doit être fixé au substrat 3 avant chaque étape du dépôt, cette fixation pouvant être réalisée soit automatiquement soit manuellement.

30 Les masques semi-permanents peuvent être fabriqués dans des matières métalliques ou plastiques imprégnées de carbone ou de graphite pourvue que les matériaux à déposer n'adhèrent pas ou peu dessus.

Les masques à jeter après usage peuvent être réalisés en papier, les ouvertures étant découpées ou poinçonnées dans un rouleau de papier qui se dévide en continu ou dans des feuilles individuelles découpées aux dimensions du substrat. Par exemple, ces masques peuvent être revêtus d'un adhésif 5 adhérent par pression de sorte à pouvoir les associer temporairement au substrat 3 pour la réalisation du dépôt. Dans ce cas, l'adhésif peut être disposé sous forme de points dont le nombre et la disposition sont agencés pour permettre l'association sans endommager le substrat 3.

10 En outre, lors de l'étape d'association puis de dissociation du masque d'avec le substrat 3, on doit éviter toute contamination ou éraflures du substrat 3 qui serait préjudiciable aux performances du dispositif photovoltaïque 1.

15 Les masques à jeter présente l'avantage de permettre l'inspection du produit entre l'application des différentes couches puisqu'on utilise un masque différent pour le dépôt de chaque couche.

20 Toutefois, et dans le cas où le substrat doit être chauffé pendant ou après le dépôt des couches, le choix du matériau formant le masque doit être réalisé de sorte qu'il ne se détériore ni se déforme sous l'effet de la température.

La première étape du procédé d'obtention du dispositif photovoltaïque 1 est la préparation de la plaque de verre en tant que substrat 3.

25 Lors de cette étape, la plaque de verre est découpée aux dimensions souhaitées, les bords sont ébavurés et on la passe, après nettoyage, au moins la surface devant recevoir les cellules 2, par exemple avec un oxyde d'aluminium.

30 Ensuite, on dépose les différentes couches du dispositif photovoltaïque 1 en utilisant :

- un premier masque dont les ouvertures correspondent aux couches des conducteurs électriques 7, ledit masque est disposé sur la plaque de verre,

puis le cuivre est déposé par CVD, par exemple avec une épaisseur de l'ordre de 25 Å ;

- un deuxième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type n 6, ledit masque est disposé sur la plaque de verre, puis l'arséniure de gallium de type n est déposé par CVD, par exemple avec une épaisseur de l'ordre de 25 Å ;
- un troisième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type p 5, ledit masque est disposé sur la plaque de verre, puis l'arséniure de gallium de type p est déposé par CVD, par exemple avec une épaisseur de l'ordre de 25 Å ;
- un quatrième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type i 4, ledit masque est disposé sur la plaque de verre, puis le gallium est déposé par CVD, par exemple avec une épaisseur de l'ordre de 25 Å.

Une fois que le dispositif photovoltaïque 1 est réalisé, on peut disposer les moyens de branchement 8 puis la deuxième plaque de verre 9 de sorte à obtenir un dispositif photovoltaïque 1 formant verre de vitrage qui est prêt à être monté dans des édifices architecturaux.

On décrit ci-dessous une installation pour la mise en œuvre du procédé d'obtention du dispositif photovoltaïque 1.

Ce type d'installation comprend typiquement un espace utile dans lequel est disposé le substrat 3, une chambre qui entoure l'espace utile, des moyens de chauffage, une isolation de l'espace utile et une enceinte de refroidissement.

Le transfert de chaleur de l'espace utile à la paroi de l'enceinte s'effectue en principe par conduction thermique, convection et rayonnement.

Lors de la marche sous vide, le transfert de chaleur n'a lieu que par rayonnement et par conduction thermique de composants solides et, lorsque la pression augmente, le transport de chaleur augmente vers la paroi de l'enceinte.

5

Des effets dommageables, tels qu'une température exagérée de la paroi de l'enceinte ayant pour effet de limiter la longévité et la fiabilité de l'installation ou une consommation d'énergie trop élevée ou encore une homogénéité insuffisante de la température dans l'espace utile, apparaissent si ce transport de chaleur n'est ni maîtrisé ni réduit.

10

De telles installations sont par exemple décrit dans les documents DE-30 14 691 et US-4 398 702. Pour pallier les inconvénients mentionnés ci-dessus, l'invention prévoit, en plus des caractéristiques décrites dans ces documents, 15 que :

- 1) une isolation supplémentaire soit disposée devant la paroi de l'enceinte ;
- 2) l'isolation de la paroi de l'enceinte soit réalisée avec des feuilles et/ou des 20 tôles de matériau métallique ;
- 3) l'isolation de l'espace utile soit constituée par des plaques de feutre dur avec placage en feuille de graphite imperméable aux gaz disposées sur les parois latérales, la paroi de recouvrement supérieure et les parois frontales, 25 que les bords supérieurs et les joints soient recouverts de profilés en forme de cornière en graphite renforcé par des fibres de carbone, de manière à obtenir une étanchéité vis à vis du passage des gaz, tandis que les bords inférieurs sont ouverts pour permettre l'évacuation desdits gaz ;
- 30 4) les profilés en forme de cornière sont agencés en alternat répété entre les plaques de feutre dur de manière à créer ainsi une étanchéité de type en labryrinthe ;

- 5) les bords frontaux de l'isolation de l'espace utile et/ou les surfaces conjuquées sont encastrés dans des profilés en graphite renforcé par des fibres de carbone ;
 - 5 6) des cloisons sont agencées, en tant que barrières anti-convection, entre l'isolation de l'espace utile et l'isolation de la paroi de l'enceinte ;
 - 7) les cloisons sont en matériau métallique, sous forme de feuilles et/ou de tôles ;
- 10
- 8) un refroidissement supplémentaire, par eau, est agencé entre l'isolation de la paroi de l'enceinte et la paroi de l'enceinte ;
 - 9) le refroidissement supplémentaire par eau est agencé dans la moitié 15 supérieure de l'enceinte, dans la région de la bride et du couvercle.

Les première et deuxième caractéristiques ont pour effet de créer une forte chute de température au niveau de la paroi intérieure de l'enceinte de sorte à pouvoir maintenir une température faible à cet endroit.

20 Avec les caractéristiques 3) et 4), l'isolation est améliorée aux endroits particulièrement critiques. Par exemple, dans le cas où l'espace utile à une section polygonal, au niveau de la jonction entre deux parois. En effet, ces jonctions présentent des interstices résiduels qui, dans les installations de l'art 25 antérieur, s'agrandissent au cours du temps et peuvent donc être la cause d'une isolation défectueuse.

Cet effet dommageable peut être évité en recouvrant les interstices mais on se heurte alors à certaines difficultés. En effet, du point de vue du façonnage, des 30 feuilles métalliques conviendraient pour recouvrir les angles et les bords mais comme l'isolation de l'espace utile est un feutre de graphite, un recouvrement avec contact étroit conduirait à des réactions chimiques et, lors de la dilatation

thermique, à des contraintes mécaniques qui sont néfastes à l'efficacité de l'installation.

5 Ces difficultés peuvent être surmontées si l'on utilise, pour le recouvrement, le même matériau que celui constituant l'isolation de l'espace utile, à savoir le graphite. Toutefois, les matériaux classiques en graphite sont exclus car ils ne conviennent pas pour réaliser des joints étanches dans les coins et sur les bords du fait de leur trop grande fragilité.

10 Des matériaux en graphite renforcés par des fibres de carbone, réalisable selon un profil quelconque désiré, sont toutefois disponible. L'utilisation de profilés en forme de cornière constitués d'un tel matériau, pour recouvrir les interstices résiduels au niveau des coins et des bords, constitue une solution optimale au problème présenté ci-dessus.

15 En outre, si de telles pièces sont disposées en plusieurs exemplaires entre les diverses couches de l'isolation de l'espace utile, on obtient une étanchéité du type en labyrinthe, et par conséquent une amélioration supplémentaire de l'isolation de l'espace utile.

20 Des endroits critiques analogues se trouvent sur les bords frontaux de l'isolation de l'espace utile où, du fait de l'ouverture et de la fermeture fréquentes, les surfaces servant à l'isolation sont exposées à une forte usure. La disposition exposée au point 5) permet de résoudre ce problème et d'obtenir une isolation 25 sûre et durable.

Les cloisons décrites en 6) et 7) empêchent la convection et réduisent ainsi le transfert de chaleur depuis l'isolation de l'espace utile vers la paroi de l'enceinte, ou vers l'isolation de la paroi de l'enceinte.

30 Un refroidissement supplémentaire disposé sur les côtés du couvercle de l'enceinte est décrit aux points 8) et 9). Ce refroidissement est nécessaire car le

refroidissement habituel de l'enceinte est insuffisant du fait de la grande épaisseur de paroi dans la région de la bride et du couvercle.

- En fonctionnement et en conditions d'équilibre, une température constante 5 règne dans l'espace utile du fait d'une part de la quantité de chaleur apportée par les moyens de chauffage et d'autre part de la quantité de chaleur évacuée en dehors de l'installation depuis l'espace utile vers la paroi de l'enceinte, par conduction, rayonnement et/ou convection thermique.
- 10 Grâce aux caractéristiques indiquées aux points 1) et 2), on obtient une réduction de la convection devant la paroi de l'enceinte, et par conséquent l'établissement d'un gradient de température plus élevé de sorte que la température devant la paroi de l'enceinte est réduite.
- 15 Grâce aux caractéristiques 3) à 5), la quantité de chaleur transmise par convection depuis l'espace utile vers les autres volumes de l'enceinte est réduite.
- Grâce aux caractéristiques 6) et 7), la composante de la quantité de chaleur 20 transmise par convection est réduite.
- Les caractéristiques 8) et 9) ont pour effet de réduire, par amélioration de l'évacuation de chaleur, les températures de l'enceinte dans la région de la bride et du couvercle.
- 25 On décrit ci-dessous un procédé de contrôle optique d'un dispositif photovoltaïque 1 transparent.
- Par le terme « transparent », on désigne un dispositif 1 à travers lequel la 30 lumière peut passer en laissant paraître avec suffisamment de netteté les objets qui se trouvent derrière.

Les méthodes de contrôle les plus anciennes de corps à tout le moins translucides consistaient à les mirer en les faisant par exemple tourner à la main devant une source lumineuse, de préférence constituée d'un fond blanc fortement éclairé, pour les observer par traversée.

5

Les procédés modernes de contrôle analysent électroniquement, étape par étape, les fluctuations d'un signal retransmis par le corps à partir d'une source lumineuse convenable. Ils sont tout particulièrement employés pour le contrôle d'articles possédant une symétrie axiale au moins partielle, en particuliers 10 d'articles en verre, tels que des bouteilles ou verres à boire, ou même en matière plastique.

Pour ce qui est de la lecture, et s'agissant de couvrir une région assez large de la surface, on opérera colonne par colonne, analysant plus ou moins fixement 15 des bandes successives de la paroi dans des plans de défilement successifs parallèles à l'axe.

Une synthèse est ensuite effectuée, en fonction de toutes sortes de critères destinés à faire apparaître la position, l'étendue et surtout l'intensité de chaque 20 défaut mais, en règle générale, ni le mode d'analyse, ni le mode de synthèse choisis ne dépendent directement du mode d'observation. En l'occurrence, ils sont extérieurs à l'objet du procédé et ne seront donc pas décrits ci-dessous.

Les procédés les plus fins travaillent à poste fixe ou parfois à l'aide de 25 dispositifs suiveurs et, pour ce qui est de l'éclairage, font en général balayer la hauteur de l'article par un pinceau étroit tel un pinceau laser, quasi-ponctuel, synchronisé, pendant qu'il tourne sur lui-même, et ceci sur un tour complet.

Une simplification consiste à éclairer l'ensemble de la région et à inspecter en 30 plaçant le dispositif 1 devant une source permanente de lumière éventuellement modulée, qu'il s'agisse d'une source concentrée ou d'un simple fond clair. On peut encore opérer par rotation sur un tour, ou seulement au défilé mais sous

plusieurs angles complémentaires, à la limite sous un seul. On obtient ainsi une analyse plus sommaire mais plus rapide et qui suffit dans de nombreux cas.

Pour ce qui est des articles creux, il arrivera que la lumière n'effectue qu'une
5 seule traversée de sorte que l'image observée constitue alors en quelque sorte l'ombre d'une ligne de la paroi proche de l'écran. Le plus souvent toutefois, elle traverse à deux reprises de sorte que l'image répercute alors aussi certains défauts de la paroi la plus éloignée.

10 Le procédé de l'invention s'inspire de cette méthode tout en permettant une analyse fine du dispositif à vérifier. Il consiste à observer sur des bandes étroites successives, le long d'un ou plusieurs segments d'une ligne déterminée couvrant la largeur d'examen voulue, l'image du dispositif 1 projetée par transparence sur un écran très proche qui la rediffuse, en n'éclairant le
15 dispositif 1 que sur une zone elle-même étroite couvrant lesdits segments de la ligne de lecture.

On préférera généralement, en particulier pour des dispositifs 1 de révolutions, opérer en rotation le long des méridiennes ou génératrices principales
20 successives.

La description se réfère essentiellement à ce type de contrôle mais on pourra aussi dans certains cas travailler au défilé, la transposition étant immédiate.

25 On utilisera de préférence pour éclairer les divers segments de la zone d'inspection un faisceau dirigé ayant, au moins transversalement, une faible ouverture. Enfin, l'image formée sur l'écran restera presque inévitablement observée par la face « arrière » de celui-ci, à savoir, celle qui n'est pas tournée vers le dispositif 1, c'est-à-dire à travers cet écran.

30 Outre des organes classiques de présentations du dispositif 1 au poste de contrôle, une installation destinée à la mise en œuvre du procédé de contrôle

optique comprendra donc, à poste fixe ou le cas échéant sur un montage suivant :

- un écran diffusant, translucide, placé en regard de la position du dispositif 1,
5 aussi près qu'il est raisonnablement possible de le faire pour, en particulier, éviter la trajectoire de celui-ci dans son mouvement de mise en place sur l'installation puis d'évacuation ;

- un récepteur à caméra linéaire visant l'écran par sa face arrière ;

10 - un émetteur de lumière fixe, disposé au-delà de l'emplacement du dispositif 1, pour éclairer sur l'écran, de façon suffisamment homogène, une zone étroite couvrant le ou les segments d'examen choisis, ceci de préférence en formant un faisceau étalé mais peu épais, opérant par transparence.

15 Pour ce qui est des dispositifs 1 à symétrie axiale, totale ou partielle, tels que la plupart des verres de vitrage, les organes de présentation et a priori de mise en rotation sont usuellement associés à une platine horizontale de référence, et l'ensemble des organes optiques de l'appareil seront disposés le long d'un même plan de symétrie du poste, perpendiculaire à la trajectoire de traversée de celui-ci, visant une ligne d'examen en principe assez proche d'une méridienne. Les machines les plus courantes utilisant des transporteurs à plateau ou à barillet d'axe vertical, ce plan sera donc un plan vertical passant par l'axe de la machine. Toutefois, il est possible d'opérer obliquement et dans 20 25 des plans distincts, voisins de celui-ci, au besoin inclinés sur l'axe, à travers une paroi au moins.

En pratique, un récepteur comprenant une caméra combinant un objectif classique et un organe photosensible constitué d'une simple barrette rectiligne de diodes convient pour observer avec la finesse désirée l'image fournie par l'ensemble des régions à examiner.

Avantageusement, il sera doté d'un miroir de renvoi permettant de l'orienter de façon à pouvoir le placer à la distance d'observation voulue pour couvrir toute la hauteur à contrôler sans créer un encombrement latéral excessif. Il est également possible de recourir à un guide de lumière à fibres optiques.

5

L'écran pourra n'être constitué que d'une plaquette plane translucide, étroite, formée d'une feuille de matière opale ou de verre dépoli sur sa face avant mais, au besoin, il pourra aussi comprendre une juxtaposition de facettes orientées selon une disposition en principe prismatique le long du profil de la trajectoire 10 considérée. En variante, il peut avoir une surface courbe, à savoir celle d'une section droite ou du moins peu oblique d'un cylindre d'axe perpendiculaire au plan de symétrie. Ainsi, il suivra la forme du dispositif 1, à une distance comprise par exemple entre 1 à 3 centimètres. Cette distance reste suffisamment constante sans toutefois qu'une sinuosité excessive crée de 15 difficultés, soit de construction soit encore d'observation du dispositif quant aux angles d'éclairement ou de visée sinon à la profondeur de champ.

Plus cet écran sera mince, meilleures seront la finesse et la sensibilité d'analyse.

20

Pour ce qui est de l'émetteur, il peut parfois suffire d'une simple source lumineuse concentrée, diaphragmée par une fente qui crée un faisceau mince.

25

Cependant, on peut également employer un projecteur utilisant un système optique à source ponctuelle ou linéaire, émettant un faisceau étroit, diaphragmé en principe en un faisceau plat de façon à éclairer les segments d'examen choisis en passant par l'axe de symétrie du dispositif 1 ou du moins à son voisinage. Afin de permettre à l'écran de retransmettre vers le récepteur un flux lumineux suffisamment uniforme. En variante, on peut associer plusieurs de ces 30 projecteurs, chacun éclairant son tronçon propre sous une intensité réglable, avec un recouvrement éventuel des plages d'éclairement successives, pour engendrer un champ lumineux uniforme ou même corriger l'influence des écarts

angulaires. Cet émetteur pourra lui aussi être équipé d'un système optique de renvoi.

5 Comme il a été indiqué plus haut, pour des raisons d'opportunité telles que l'encombrement, les positions des organes pourront s'écartez de la symétrie précitée par rapport à une section principale, récepteur et émetteur réglables et mis au point sur l'écran selon des plans moyens d'observation et d'éclairage voisins mais différents, l'un et l'autre en principe parallèles à l'axe du dispositif 1 en position de contrôle ou peu inclinés sur lui.

10

On décrit ci-dessous un premier et un deuxième mode de réalisation de l'installation pour la mise en œuvre du procédé de contrôle optique d'un dispositif 1 transparent.

15 Le dispositif 1 est monté sur une machine de type classique, le dispositif 1 reposant sur une platine horizontale de sorte que son axe soit vertical. Il se trouve entraîné par une roue en étoile porteuse de galets qui permettent à un contre-galet extérieur de le faire tourner au poste de contrôle. Il s'agit d'une disposition usuelle, choisie par commodité et qu'il est inutile de décrire en 20 détail.

Dans le premier mode de réalisation, l'écran est formé d'une étroite et mince plaquette de matière plastique opale, translucide, cintrée, cylindriquement, et disposé transversalement au plan de symétrie, le long de la génératrice principale ou méridienne extérieure du dispositif 1 en position de contrôle, sans 25 d'ailleurs suivre exactement sa courbure.

Le récepteur comprend une caméra dont l'objectif est placé devant une barrette rectiligne de diodes photosensibles reliée à un préamplificateur. Cet ensemble 30 se trouve à l'intérieur d'un boîtier porteur d'un miroir de renvoi qui, tourné vers la face arrière de l'écran, permet d'orienter verticalement l'objectif pour réduire l'encombrement horizontal et de le mettre au point sur l'écran.

L'émetteur est formé d'une simple lampe munie d'un réflecteur et placé vers l'intérieur de la machine, sous la platine de référence, où une fente rectiligne diaphragme sa lumière en un faisceau de faible épaisseur formant sur l'écran, à cheval sur le plan médian, une zone lumineuse qui recouvre le segment 5 d'examen.

En présence d'un dispositif 1, une seule paroi est traversée de sorte que d'éventuels défauts du dispositif 1 se traduiront par des variations locales d'éclaircissement. Celles-ci, détectées par l'appareil, signaleront ces défauts et, le 10 cas échéant, un organe convenablement temporisé permettra ensuite d'écartier le dispositif 1.

Dans le deuxième mode de réalisation, l'écran translucide est formé d'une plaquette de verre plane, dépolie sur sa face avant, tournée vers le dispositif 1, 15 longeant d'assez près la génératrice principale correspondante.

Le récepteur et l'émetteur se trouvent placés côte à côte au-dessus de la trajectoire du dispositif 1.

20 Le récepteur, semblable à celui du premier mode de réalisation, a sa caméra dirigée de haut en bas vers un miroir de renvoi incliné à 40° environ de la verticale dans une disposition transversale très légèrement oblique, ce qui permet de le mettre au point sur l'écran le long de la génératrice la plus proche en orientant convenablement la barrette de diodes.

25 L'émetteur comprend un projecteur dirigé de haut en bas vers un étroit miroir de renvoi lui aussi légèrement déporté, et incliné à 40° environ sur la verticale de façon à replier le faisceau illuminant l'écran dans une direction légèrement plongeante.

30 Comme pour le récepteur, cette disposition permet de déplacer le projecteur à distance suffisante sans encombrement horizontal excessif.

Une fente est pratiquée dans la platine pour permettre le passage des rayons lumineux

Le projecteur, de structure classique, possède une lampe et un condensateur
5 formé de deux lentilles, associées couramment à un miroir concave, pour former à faible distance l'image de son filament, la lumière étant reprise par un objectif.

La source n'étant pas ponctuelle, le miroir, en dépit de sa forme, ne
10 diaphragmerait qu'imparfaitement en un faisceau plat le faisceau émis par le projecteur. C'est pourquoi il est indiqué de régler l'objectif sur un diaphragme de champ porteur d'une fente, par exemple de 0,7 mm sur 15 mm, placé au voisinage de l'image mais légèrement défocalisé pour que se forme dans la région de l'écran, en l'absence de dispositif 1 à contrôler, une image
15 rectangulaire étroite, quinze à vingt fois plus grande, de luminosité pratiquement homogène.

REVENDICATIONS

1. Dispositif photovoltaïque (1) comprenant une pluralité de cellules photovoltaïques (2) de type p-i-n disposée sur un substrat (3), caractérisé en ce que lesdites cellules (2) sont disposées, sous la forme d'une monocouche, parallèlement les unes aux autres et en ce qu'une couche de conducteur électrique (7) est disposée entre la couche n (6) et la couche p (5) de chaque cellule (2) consécutives de sorte à connecter électriquement lesdites cellules (2) en série.
5
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche n (6) est formée d'arséniure de gallium dopé n, la couche p (5) est formée d'arséniure de gallium dopé p, la couche i (4) est formée de gallium et la couche de conducteur électrique (7) est formée de cuivre.
15
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'épaisseur des différentes couches (4, 5, 6, 7) est sensiblement la même, par exemple de l'ordre de 25 Å.
20
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un deuxième substrat (9) disposé sur le premier (3) et en contact avec les cellules photovoltaïque (2) de sorte à les protéger.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que des moyens de branchement (8) du dispositif (1) avec un circuit externe sont disposés sur le substrat (3) et en contact avec respectivement les couches de conducteur électrique (7) des deux cellules photovoltaïques (2) extrêmes du dispositif (1).
25
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le substrat (3) est formé d'une plaque de verre.
30

7. Dispositif selon la réalisation 6, caractérisé en ce qu'il est transparent aux rayonnements lumineux.
8. Utilisation d'un dispositif (1) selon la revendication 7 en tant que vitrage d'édifices architecturaux, dans laquelle le substrat (3) est formé par le vitrage.
5
9. Utilisation selon la revendication 8, caractérisé en ce que les cellules photovoltaïques (2) recouvrent sensiblement toute la surface du vitrage (3).
10. Procédé de fabrication d'un dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les différentes couches (4, 5, 6, 7) sont déposées à l'aide d'une technique de dépôt chimique en phase vapeur.
10
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'après la préparation du substrat (3) les différentes couches (4, 5, 6, 7) sont déposées en utilisant :
15
 - un premier masque dont les ouvertures correspondent aux couches de conducteur électrique (7) ;
 - un deuxième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type n (6) ;
 - un troisième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type p (5) ;
 - un quatrième masque dont les ouvertures correspondent aux couches de type i (4) ;
20
- lesdits masques étant disposés sur le substrat (3) pour permettre le dépôt des couches (4, 5, 6, 7) respectives.
25
12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que les premier, deuxième, troisième et quatrième masques sont utilisés de façon successive.
30
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que les masques sont permanents, par exemple en métal, carbone ou matière plastique.

14. Procédé selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que les masques sont jetables, par exemple en papier imprégné ou en matière plastique.

5

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisé en ce qu'après le dépôt des différentes couches (4, 5, 6, 7), les moyens de branchement (8) sont disposés sur le substrat (3).

10 16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend une étape finale de disposition d'une plaque de verre (9) sur les cellules photovoltaïques (2).

15 17. Installation pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, ladite installation comprenant un espace utile dans lequel est disposé le substrat (3), une chambre qui entoure l'espace utile, des moyens de chauffage, une isolation de l'espace utile et une enceinte de refroidissement.

20 18. Installation selon la revendication 17, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une isolation supplémentaire qui est disposée devant la paroi de l'enceinte.

25 19. Installation selon la revendication 18, caractérisée en ce que l'isolation de la paroi de l'enceinte est réalisée avec des feuilles et/ou des tôles de matériau métallique.

30 20. Installation selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, caractérisée en ce que l'isolation de l'espace utile est constituée par des plaques de feutre dur avec placage en feuille de graphite imperméable aux gaz disposées sur les parois latérales, la paroi de recouvrement supérieure et les parois frontales, et en ce que les bords supérieurs et les joints sont recouverts de profilés en forme de cornière en graphite renforcé par des fibres de carbone.

21. Installation selon la revendication 20, caractérisée en ce que les profilés en forme de cornière sont agencés en alternat répété entre les plaques de teutre dur de manière à créer ainsi une étanchéité de type en labyrinthe.

5

22. Installation selon l'une quelconque des revendications 17 à 21, caractérisée en ce que les bords frontaux de l'isolation de l'espace utile et/ou les surfaces conjuguées sont encastrés dans des profilés en graphite renforcé par des fibres de carbone.

10

23. Installation selon l'une quelconque des revendications 17 à 22, caractérisée en ce que des cloisons sont agencées, en tant que barrières anti-convection, entre l'isolation de l'espace utile et l'isolation de la paroi de l'enceinte.

15

24. Installation selon la revendication 23, caractérisée en ce que les cloisons sont en matériau métallique, sous forme de feuilles et/ou de tôles.

20

25. Installation selon l'une quelconque des revendications 17 à 24, caractérisée en ce que un refroidissement supplémentaire, par eau, est agencé entre l'isolation de la paroi de l'enceinte et la paroi de l'enceinte.

26. Installation selon la revendication 25, caractérisée en ce que le refroidissement supplémentaire par eau est agencé dans la moitié supérieure de l'enceinte, dans la région de la bride et du couvercle.

25

27. Procédé de contrôle optique d'un dispositif transparent (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel on observe sur des bandes étroites successives, le long d'un ou plusieurs segments d'une ligne déterminée couvrant la largeur d'examen voulue, l'image du dispositif (1) projetée par transparence sur un écran très proche qui la rediffuse, en n'éclairant le dispositif (1) que sur une zone elle-même étroite couvrant lesdits segments de la ligne de lecture.

28. Installation pour la mise en œuvre du procédé de contrôle suivant la revendication 27, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre des organes de présentation du dispositif (1) :

- un écran diffusant, translucide, placé en regard de la position du dispositif (1), aussi près qu'il est raisonnablement possible de le faire pour, en particulier, éviter la trajectoire de celui-ci dans son mouvement de mise en place sur l'installation puis d'évacuation ;

- un récepteur à caméra linéaire visant l'écran par sa face arrière ;

- un émetteur de lumière fixe, disposé au-delà de l'emplacement du dispositif (1), pour éclairer sur l'écran, de façon suffisamment homogène, une zone étroite couvrant le ou les segments d'examen choisis, ceci de préférence en formant un faisceau étalé mais peu épais, opérant par transparence.

29. Installation selon la revendication 28, caractérisée en ce que le récepteur

comprend en outre de la caméra un organe photosensible constitué d'une barrette rectiligne de diodes.

30. Installation selon la revendication 29, caractérisée en ce que le récepteur est muni d'un miroir de renvoi.

31. Installation selon la revendication 29, caractérisée en ce que le récepteur est muni d'un guide de lumière à fibres optiques.

32. Installation selon l'une quelconque des revendications 28 à 31, caractérisée en ce que l'écran est formé d'une feuille de matière opale ou en verre dépoli.

33. Installation selon la revendication 32, caractérisée en ce que l'écran comprend une juxtaposition de facettes orientées selon une disposition prismatique le long de la trajectoire considérée.

34. Installation selon la revendication 32, caractérisée en ce que l'écran présente une surface courbe.

35. Installation selon l'une quelconque des revendications 28 à 34, caractérisé en ce que l'émetteur est formé d'une source lumineuse concentrée et diaphragmée par une fente.
- 5 36. Installation selon l'une quelconque des revendications 28 à 34, caractérisée en ce que l'émetteur est formé d'au moins un projecteur utilisant un système optique à source ponctuelle ou linéaire.
- 10 37. Installation selon la revendication 36, caractérisé en ce que l'émetteur comprend une pluralité de projecteurs qui éclairent chacun un tronçon propre sous une intensité réglable.

1/2

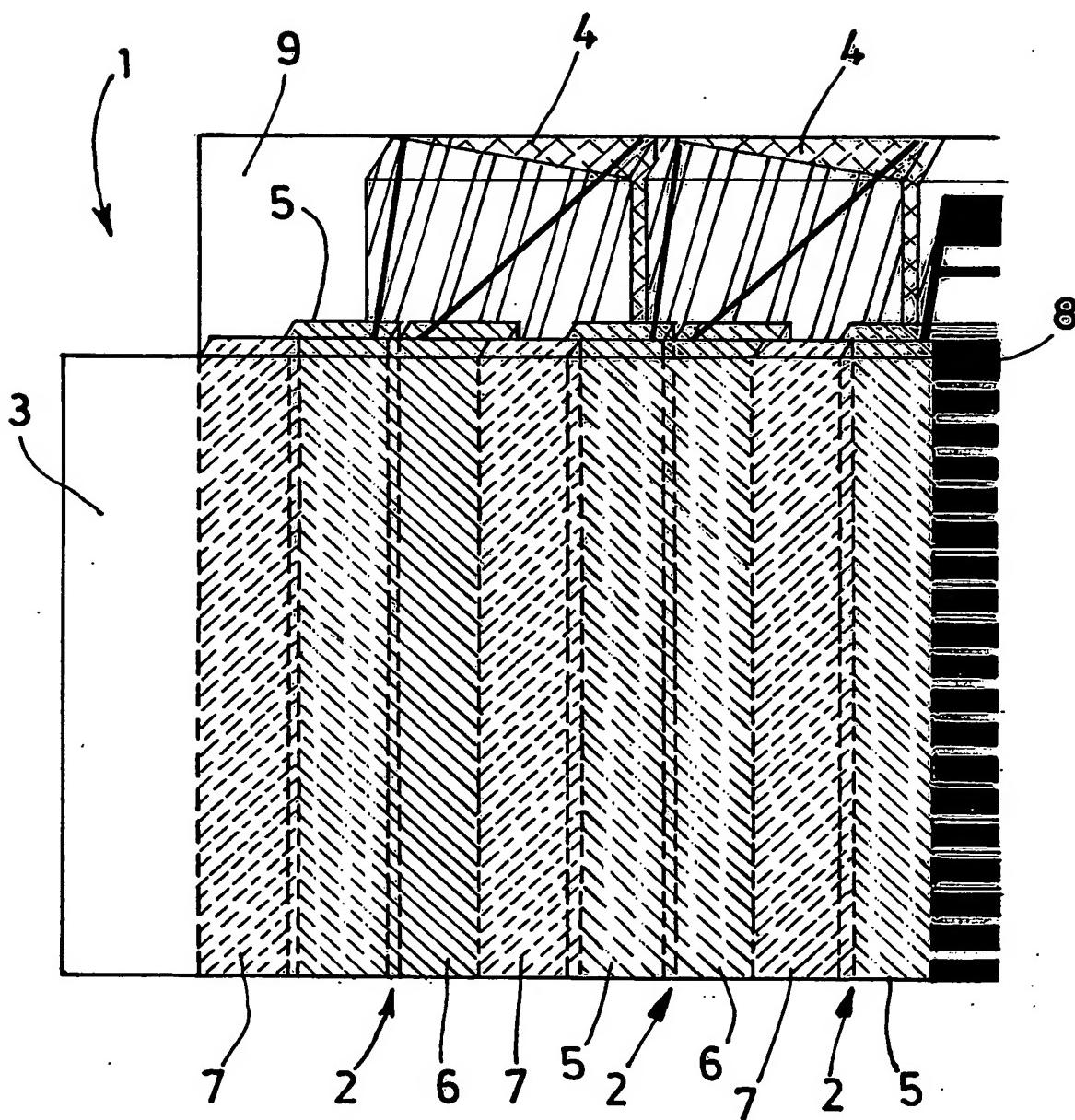


FIG.1

2/2

FIG.2